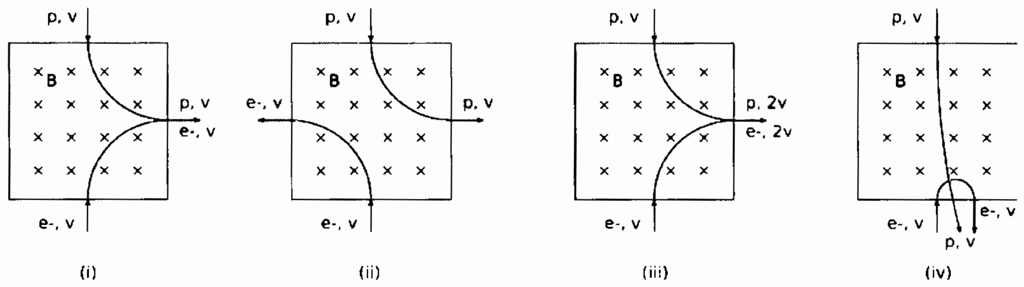
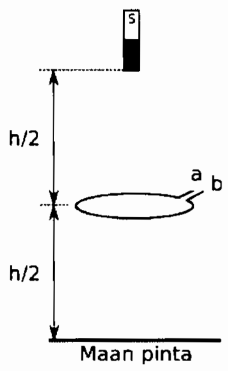
Vastaa kaikkiin tehtäviin 1-6.

1. Vastaa molempiin kohtiin (a) ja (b). Kumpikin max. 4p.

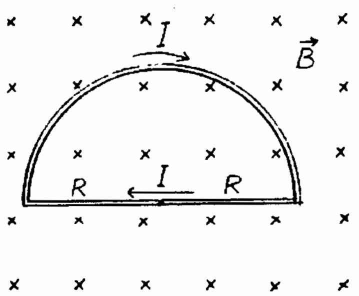
   (a) Protoni (p) ja elektroni (e^-) lähestyvät neliön rajaamaa homogeenista magneettikenttää eri puolilta samalla nopeudella v siten, että niiden nopeusvektorit ovat kohtisuorassa magneettikenttään nähden. Mikä oheisista kuvista (i-iv) vastaa parhaiten protonin ja elektronien ratoja ja loppunopeuksia? Perustele vastauksesi lyhyesti.



   (b) Tarkastellaan oheisessa kuvassa esitettyä tilannetta, jossa kestomagneetin annetaan pudota johdinsilmukan läpi kohti Maan pintaa. Magneetti lähtee liikkeelle levosta korkeudelta h (ks. kuva) ja jää paikalleen osuessaan Maan pintaan. Silmukka on korkeudella h/2 ja magneetin pituus << h. Hahmottele silmukan päiden a ja b välille indusoituva jännite V_{ab} ajan funktiona. Perustele vastauksesi lyhyesti.

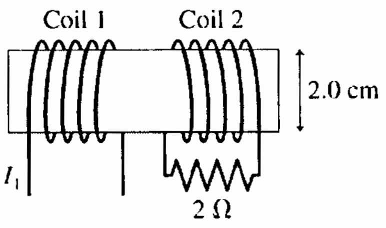


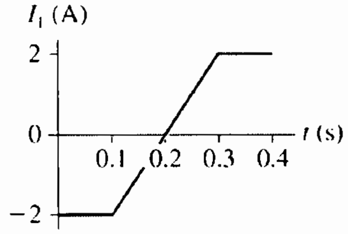
2. Puoliympyrän muotoinen johdinsilmukka on homogeenisessa, silmukkatasoa vastaan kohtisuorassa magneettikentässä. Silmukassa kulkee $I = 4.0$ A virta, kentän vuon tiheys on $B =$ 0.80 T ja silmukan kaariosan säde on $R = 12.0$ cm. Laske erikseen silmukan johdinlangan suoraan ja kaariosaan kohdistuvat voimat sekä niiden perusteella silmukkaan kohdistuva kokonaisvoima. Ilmaise myös voimien suunnat kuvan tapauksessa.



3. Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksen kiihdytinlaboratorion syklotronikiihdyttimen uloin ratasäde on 0.94 m. Laitteella kiihdytetään protoneja 10 MeV energiaan. Laske
   (a) kiihdytysjännitteen taajuus
   (b) ratatasoa vasten kohtisuoran magneettikentän vuon tiheys.
   Jätä huomioimatta mahdolliset relativistiset efektit.

4. Oheinen kuva esittää kahta ideaalista solenoidia, joissa kummassakin on 20 kierrosta käämittynä 0.02 metrin (aksiaaliselle) matkalle. Kelan 1 virta ajan funktiona on esitetty kuvaajassa, suunta paperin sisään kelan yläosassa. Määritä kelassa 2 kulkeva virta ajan funktiona. Oleta, että kelan 1 magneettikentän kenttäviivat kulkevat kokonaisuudessaan kelan 2 poikkileikkauksen läpi kohtisuorasti sitä vasten.





5. Valosuihku osuu alhaalta päin ilmassa vaakasuorassa asennossa olevaan levyyn, jonka pinta-ala on 50.0 cm2 ja massa 0.20 g. Levy absorboi kaiken siihen osuvan valon.

(a) Kuinka suuri valolähteen teho tarvitaan, jotta levy leijuisi ilmassa putoamatta alas? (3p)

(b) Laske aallon sähkökentän ja magneettikentän vuon tiheyden amplitudit (3p).

(c) Vaihdetaan levy toiseen levyyn, joka on kooltaan ja massaltaan edellisen kaltainen mutta heijastaa täydellisesti siihen osuvan valon. Mitä tapahtuu? (2p)

6. LRC-piirin jännite on virtaa jäljessä 54.0°. Kondensaattorin reaktanssi on 350 Ω ja vastuksen resistanssi 180 Ω. Piirin jännitelähteestä ottama keskimääräinen teho on 140 W. Laske

(a) Kelan reaktanssi

(b) Piirin virran tehollinen arvo

(c) Jännitelähteen jännitteen tehollinen arvo

$$\vec{E}=\frac{\vec{F}_0}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r^2}\hat{r} \qquad E=\frac{\eta}{2\varepsilon_0}$$

$$\vec{p}=q\vec{s} \qquad \vec{\tau}=\vec{p}\times\vec{E} \qquad U=-\vec{p}\cdot\vec{E}$$

$$\Phi_e=\oint_A \vec{E}\cdot d\vec{A}=\frac{Q_{\text{in}}}{\varepsilon_0}$$

$$V=\frac{U}{q_0}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\frac{q}{r}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\int\frac{dq}{r}$$

$$\Delta V=V_b-V_a=-\int_a^b \vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad E=\frac{\Delta V}{d}$$

$$\vec{E}=-\left(\hat{i}\,\frac{\partial V}{\partial x}+\hat{j}\,\frac{\partial V}{\partial y}+\hat{k}\,\frac{\partial V}{\partial z}\right)=-\vec{\nabla}V$$

$$C=\frac{Q}{\Delta V}=\varepsilon_0\frac{A}{d} \qquad \varepsilon=\kappa\varepsilon_0$$

$$U_C=\frac{Q^2}{2C}=\tfrac{1}{2}C(\Delta V)^2 \qquad u=\tfrac{1}{2}\varepsilon_0 E^2$$

$$I=\frac{dQ}{dt}=nev_dA \qquad \vec{J}=ne\vec{v}_d$$

$$J=\sigma E \qquad \rho=\frac{1}{\sigma} \qquad R=\rho\frac{L}{A}$$

$$\Delta V=RI \qquad \Delta V_{\text{P}}=\mathcal{E}-Ir$$

$$P_{\text{R}}=I^2R=\frac{\Delta V_{\text{R}}{}^2}{R} \qquad P_{\text{P}}=I\,\Delta V_{\text{P}}$$

$$Q(t)=C\mathcal{E}(1-e^{-t/RC}) \qquad I(t)=I_0e^{-t/\tau}$$

$$Q(t)=Q_0e^{-t/RC}=Q_0e^{-t/\tau}$$

c = 2.9979 × 10^8 m/s
e = 1.6022 × 10^{-19} C
ε_0 = 8.8542 × 10^{-12} F/m
$(4\pi\varepsilon_0)^{-1}$ = 8.9876 × 10^9 Nm^2/C^2
μ_0 = 4π × 10^{-7} H/m
u = 1.66054 × 10^{-27} kg = 931.49 MeV/c^2
m_e = 9.1094 × 10^{-31} kg = 0.51100 MeV/c^2
m_p = 1.6726 × 10^{-27} kg = 938.3 MeV/c^2
m_n = 1.6749 × 10^{-27} kg = 939.6 MeV/c^2
h = 6.6261 × 10^{-34} Js = 4.1357 × 10^{-15} eVs
R = 8.3145 J mol^{-1} K^{-1}
N_A = 6.0221 × 10^{23} mol^{-1}
k = 1.3807 × 10^{-23} J K^{-1}
G = 6.673 × 10^{-11} Nm^2/kg^2

$$\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}\frac{q\,\vec{v}\times\hat{r}}{r^2} \qquad d\vec{B}=\frac{\mu_0}{4\pi}I\frac{d\vec{s}\times\hat{r}}{r^2}$$

$$B=\frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I}{r} \qquad B=\mu_0 nI$$

$$B=\frac{\mu_0}{2}\frac{IR^2}{(z^2+R^2)^{3/2}} \qquad B=\frac{\mu_0}{2}\frac{NI}{R}$$

$$\oint_l \vec{B}\cdot d\vec{s}=\mu_0 I_{enc} \qquad \vec{B}=\kappa_m\vec{B}_0$$

$$\vec{F}=q\vec{E}+q\vec{v}\times\vec{B} \qquad \Phi_m=\oint\vec{B}\cdot d\vec{A}=0$$

$$R=\frac{mv}{qB} \qquad f=\frac{qB}{2\pi m} \qquad \Delta V_{\text{Hall}}=\frac{IB}{tne}$$

$$d\vec{F}=I\,d\vec{s}\times\vec{B} \qquad \frac{dF}{ds}=\frac{\mu_0 I_1 I_2}{2\pi d}$$

$$\vec{\mu}=I\vec{A} \qquad \vec{\tau}=\vec{\mu}\times\vec{B} \qquad U=-\vec{\mu}\cdot\vec{B}$$

$$\mathcal{E}=-\frac{d\Phi_m}{dt}=\oint(\vec{v}\times\vec{B})\cdot d\vec{s}=\oint\vec{E}\cdot d\vec{s} \qquad \mathcal{E}=vBl$$

$$V_2/V_1=N_2/N_1 \qquad V_1I_1=V_2I_2$$

$$L=\frac{\Phi_B}{I} \qquad \mathcal{E}=-L\frac{dI}{dt}$$

$$M=\frac{\Phi_{m2}}{I_1}=\frac{\Phi_{m1}}{I_2} \qquad \mathcal{E}_2=-M\frac{dI_1}{dt}$$

$$U=\tfrac{1}{2}LI^2 \qquad u_B=B^2/2\mu_0$$

$$\omega=1/\sqrt{LC} \qquad \omega'=\sqrt{1/LC-R^2/4L^2}$$

$$I=I_0e^{-t/\tau} \qquad I=\frac{\mathcal{E}}{R}(1-e^{-t/\tau}) \qquad \tau=L/R$$

$$I_D=\varepsilon_0\frac{d\Phi_e}{dt} \qquad \oint\vec{B}\cdot d\vec{s}=\mu_0(I_C+I_D)_{enc}$$

$$E=cB \qquad c=1/\sqrt{\varepsilon_0\mu_0} \qquad n=c/v$$

$$u=\varepsilon_0E^2 \qquad \vec{S}=\frac{1}{\mu_0}\vec{E}\times\vec{B}$$

$$I=S_{av}=\frac{E_0B_0}{2\mu_0} \qquad \frac{1}{A}\frac{dp}{dt}=\frac{S}{c}=\frac{EB}{\mu_0 c}$$

$$p_{rad}=\frac{S_{av}}{c}=\frac{I}{c} \qquad p_{rad}=\frac{2S_{av}}{c}=\frac{2I}{c}$$

$$i=I\cos(\omega t) \qquad v=V\cos(\omega t+\phi)$$

$$Z=\sqrt{R^2+(X_L-X_C)^2}=\sqrt{R^2+\left(\omega L-\frac{1}{\omega C}\right)^2}$$

$$\tan\phi=\frac{\omega L-1/\omega C}{R} \qquad V=IZ$$

$$P_{av}=\tfrac{1}{2}VI\cos\phi=V_{\text{rms}}I_{\text{rms}}\cos\phi$$